



# Småskaligt vattenkraftverk i Nyköpingsån

Vid Täckhammars gård

Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

**Per Norrby**

2010

Författare:

**Per Norrby**

Titel:

**Småskaligt vattenkraftverk i Nyköpingsån**

*Small scale hydro power plant in Nyköpingsån*

Program/utbildning:

**Lantmästarprogrammet**

**Lantmästarexamen**

Huvudområde:

**Teknik**

Nyckelord (6-10 st):

**vattenkraft, småskalig, Nyköpingsån, flöde, fallhöjd, miljö**

Handledare:

**Torsten Hörndahl**

Examinator:

**Christer Nilsson**

Kurskod:

**EX0351**

Kurstitel:

**Examensarbete för lantmästarprogrammet inom lantbruksvetenskap**

Omfattning (hp):

**10 hp**

Nivå och fördjupning:

**Grundnivå G1E**

Utgivningsort:

**Alnarp**

Månad, År:

**Oktober, 2010**

Serie:

**Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten**

Omslagsfoto:

**Per Norrby**

# FÖRORD

Lantmästarprogrammet är en två-årig universitetsutbildning vilken omfattar 120 högskolepoäng (hp). En av de obligatoriska delarna i denna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t.ex. ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Arbetsinsatsen ska motsvara minst 6,7 veckors heltidsstudier (10 hp).

Jag tycker att utvinning av energi från vattenkraft är en intressant fråga, dels för att energin som utvinns är förnybar och relativt miljövänlig och dels för att det skulle kunna ge en ekonomisk vinning för gården som företag. Jag gillar tanken på att själv kunna producera el som skulle kunna täcka den egna gårdens energibehov. Jag vill med det här arbetet undersöka möjligheten att bygga ett vattenkraftverk och ta fram den bästa tekniska lösningen för ett vattenkraftverk vid en specifik plats i Nyköpingsån.

Jag vill rikta ett stort tack till Karl-Martin Lidström som hjälpt mig med att mäta ut fallhöjder och plocka fram underlag för kalkyler. Jag vill också tacka Jan Lewenhaupt, Claestorp Fideikommiss, samt Patrik Hazelius, Inspektor, Claestorp Fideikommiss, för att de hade vänligheten att ta sig tid att visa Claestorps vattenkraftverk. Jag vill även rikta ett tack till Ida Nilsson som har gett mig god support under arbetets gång.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING .....	4
SUMMARY .....	5
INLEDNING .....	6
BAKGRUND .....	6
MÅL .....	6
SYFTE .....	6
AVGRÄNSNING .....	6
LITTERATURSTUDIER .....	7
ALLMÄNT OM VATTENKRAFT OCH VATTENKRAFTVERK I SVERIGE .....	7
NÅGRA BEGREPP OCH FORMLER .....	7
SÅ FUNGERAR VATTENKRAFT .....	8
MILJÖ .....	9
TURBINER .....	11
Francisturbin .....	12
Kaplanturbin .....	13
Peltonturbin .....	13
Vattenhjul .....	14
INTAGSGALLER .....	16
STUDIEBESÖK PÅ NYBYGGD VATTENKRAFTSTATION .....	16
ANSÖKAN OM ATT FÅ BYGGA VATTENKRAFTVERK .....	18
MATERIAL OCH METOD .....	19
NYKÖPINGSÅN .....	19
FLÖDET .....	20
FALLHÖJD .....	21
VAR ÄR DET LÄMPLIGT ATT PLACERA KRAFTVERKET .....	21
TURBIN ELLER VATTENHJUL .....	24
MILJÖ .....	25
RESULTAT .....	26
HUR BÖR DEN TEKNISKA LÖSNINGEN SE UT .....	26
PLACERING AV VERKET .....	27
VAL AV MEKANIK .....	27
LÖNSAMHET .....	28
DISKUSSION .....	30
REFLEKTION ÖVER ARBETET .....	30

REFERENSER .....	32
SKRIFTLIGA .....	32
MUNTLIGA .....	33
BILAGOR.....	34

## SAMMANFATTNING

Täckhammars gård söker efter en extra inkomstkälla/kostnadsreducering utöver dagens drift med spannmålsproduktion och skogsbruk. Ett möjligt alternativ är att utnyttja den vattenkraft som outnyttjad rinner förbi den befintliga regleringsanläggningen vid Christineholm i Nyköpingsån.

Jag har i det här arbetet undersökt möjligheterna att anlägga en vattenkraftsanläggning vid den platsen och om det kan innebära en ekonomisk vinning för Täckhammars gård. Det jag behandlar i arbetet är i första hand den tekniska lösningen men går även in på miljömässiga aspekter och en enklare ekonomisk beräkning. Det vatten som rinner genom Nyköpingsån kommer närmast från sjön Långhalsen i Södermanland. Sett enbart till Södermanlands län är avrinningsarealen 2 643,9 km<sup>2</sup> för Nyköpingsån, vilket motsvarar 37,5 procent av den totala arealen för avrinningsområden i länet. Vattenflödet i Nyköpingsån varierar under året men det genomsnittliga flödet vid den aktuella regleringsdammen är på 22,6 m<sup>3</sup>/sekund. Denna siffra grundar sig på dagliga mätningar mellan år 1999 till och med år 2008. Fallhöjden vid platsen har mätts upp till 0,75 meter. Halva ån tillhör Täckhammar och den andra halvan tillhör grannfastigheten Christineholm. Det innebär att de båda gårdarna gemensamt måste ansöka om att få bedriva vattenverksamhet vid området.

När det gäller placeringen av vattenkraftverket har jag undersökt tre olika alternativ. Det första var att utnyttja en outnyttjad glugg i den befintliga regleringsdammen. De andra två alternativen var att anlägga en sidofåra på antingen Christineholms marker eller på Täckhammars marker. Mina undersökningar visar att en sidofåra runt den befintliga regleringsdammen framstår som det lämpligaste alternativet. På Christineholms mark är topografin av sådan art att det är mer lämpligt att anlägga en sidofåra där än på Täckhammars sida. På Christineholms sida finns även en gammal outnyttjad sidofåra. Att använda sig av den skulle innebära ett mindre ingrepp från miljösynpunkt än att anlägga en helt ny sidofåra. Delar av den ursprungliga sidofåran behöver dock breddas och fördjupas, så det kommer krävas markarbeten med både grävmaskin och på vissa håll sprängning av berg. Den totala längden på sidofåran är ca. 185 meter och ca. 60 meter av dessa skulle kräva mer omfattande åtgärder så som sprängning. Det anses rimligt att uppnå ett vattenflöde på ca. 4 m<sup>3</sup>/sekund i sidofåran.

Vidare har jag kommit fram till att ett vattenhjul är det lämpligaste alternativet på grund av den låga fallhöjden. Ett vattenhjul vid den aktuella platsen uppskattas kunna generera ca. 151 MWh per år.

De ekonomiska överslagskalkylerna visar att en investering på fyra miljoner med en avskrivningstid på fyrtio år inte skulle bli lönsam då resultatet läggs in i en nuvärdeskalkyl.

Det går att spekulera kring ett högre vattenflöde i sidofåran och på så vis få högre effekt på vattenkraftverket. Det kan också spekuleras kring att reducera byggnadskostnaden för vattenkraftverket och på så vis få ett bättre resultat i kalkylerna. De förändringar som krävs för att uppnå ett acceptabelt resultat, är dock av sådan grad att de kan anses som orimliga.

## SUMMARY

The farm of Täckhammar is searching for an extra income/reduces of costs in addition to today's production of grain and forestry. A possible alternative is to use the water power which, unused, is floating by the existing regulation dam in Nyköpingsån, at Christineholm.

In this report, I have looked into the possibilities to build a hydro power plant at the place and if the construction could mean a profit for the farm of Täckhammar. What I consider in the work is in the first place the technical solution but I also consider the environmental aspects and a smaller economical calculation. The water which runs through the Nyköpingså comes from the lake Långhalsen in the province of Södermanland. In the county of Södermanland, the catchment area of the Nyköpingså is 2 643,9 km<sup>2</sup>. This is equivalent to 37,5 % of the total catchment area in the county. The torrent of water in the Nyköpingså varies during the year and the average torrent at the regulation dam is 22,6 m<sup>3</sup>/second. This number is based on daily measurements in between the year of 1999 and 2008. The head at the place has been measured to 0,75 meter. The boundary between the farms, Täckhammar and Christineholm, is in the middle of the stream. Therefore, the two farms need to make a joint application to the Swedish authorities to be permitted to run water activity.

I have investigated three different options for the location of the hydro power plant. The first option was to use a hole in the existing regulation dam. The other two options were to construct a lateral furrow either on the domains of Christineholm or on the domains of Täckhammar. My investigations show that a lateral furrow around the existing regulation dam is the most suitable option. The topography on the domains of Christineholm is more appropriate for the building of a lateral furrow, than the topography on the domains of Täckhammar. There is also an old, unused, lateral furrow on the domains of Christineholm. To use this would mean less interference on the environment, than to construct a new lateral furrow. Parts of the original lateral furrow need to be wider and deeper, so some operations need to be done in the landscape. These include both excavation and, at some places, rock blasting. The total length of the lateral furrow is approximately 185 meter and approximately 60 meter of these would need extensive operations, such as rock blasting. It is considered reasonable to reach a torrent of water of approximately 4 m<sup>3</sup>/second in the lateral furrow.

I have concluded that a waterwheel is the most appropriate option because of the low head. A waterwheel at the current place would generate approximately 151 MWh each year.

The brief economical calculations show that an investment of four million SEK with a depreciation of forty years would not be profitable when the result is put into a present value calculation.

One can speculate in a higher torrent of water in the lateral furrow which gives a higher effect in the hydro power plant. One can also speculate in reducing the construction costs of the hydro power plant and thereby get a better result in. The required changes to reach an acceptable result are unreasonable.

## **INLEDNING**

### **BAKGRUND**

Täckhammars gård söker efter en extra inkomstkälla/kostnadsreducering utöver dagens drift med spannmålsproduktion och skogsbruk. Ett möjligt alternativ är att utnyttja den vattenkraft som outnyttjad rinner förbi den befintliga regleringsanläggningen i Nyköpingsån.

Gården ligger strax utanför Nyköping i Södermanland och på gårdens marker övergår sjön Långhalsen till Nyköpingsån som mynnar ut i Östersjön. Markgränsen går längs med ån så halva tillhör Täckhammar och andra halvan tillhör grannfastigheten. Christineholm. På marken finns det en regleringsdamm med dammluckor som reglerar vattennivån i Långhalsen och jag skulle vilja projektera och räkna på att placera någon form av turbin eller liknande alternativ i anslutning till dessa för att se om det är genomförbart och om det kan vara en lönsam affär.

### **MÅL**

Målet med arbetet är att ta reda på om det är möjligt att anlägga ett vattenkraftverk vid den befintliga regleringsdamen vid Christineholm i Nyköpingsån. Målet är också att plocka fram en bra teknisk lösning för ett kraftverk på platsen och att plocka fram ett underlag för vidare kalkyler och en ansökan till Miljödomstolen.

### **SYFTE**

Syftet är att undersöka förutsättningarna för att bygga en vattenkraftanläggning samt om projektet kan ge en ekonomisk vinning för gården.

### **AVGRÄNSNING**

Jag kommer att titta på den tekniska lösningen och utelämna den byggnadstekniska lösningen. Jag kommer att titta på byggnadskostnaden i förhållande till den effekt som man kan plocka ut ur kraftverket men inte göra några djupgående kalkyler över hur mycket jag kan tjäna på elförsäljningen.



## LITTERATURSTUDIER

### ALLMÄNT OM VATTENKRAFT OCH VATTENKRAFTVERK I SVERIGE

Att utnyttja vattenkraft har en lång tradition i Sverige. Under 1500-1600-talet utnyttjades vattenkraft till att driva i första hand kvarnar och sågar. Uppskattningsvis fanns det i Sverige ca. 20 000 vattenkraftanläggningar i bruk i slutet av 1800-talet. Vattenkraft har tillsammans med skogsindustrin och järnframställningen genom åren varit starkt bidragande till landets välbefinnande (*Söderberg mfl, 2008*).

Sverige är ihop med Norge och Island de största användarna av vattenkraft i världen. I Sverige står vattenkraften för ca. 46 % av den totala elproduktionen. Sett över den totala elproduktionen i världen står vattenkraft endast för 18 % (*Vattenfall AB, 2010*).

Vattenkraft är en förnybar energi och metoden för att utvinna energin är förhållandevis miljövänlig. Första gången som vattenkraft utnyttjades för att framställa el-energi i Sverige var år 1882. Kraftverket låg i Rydal vid Viskan i Mark kommun, Västra Götaland. Elen som producerades gick till två bågglampor som fanns på ortens bomullsspinneri. Kraftverket klassas som byggnadsminne och är sedan år 1991 k-märkt (*KanEnergi Sweden AB, 2010*).

I Sverige finns över 40 000 forssträckor och ca. 5 procent av dessa används för vattenkraftutvinning (*LRF, 2010*). EU-kommissionen har satt gränsen vid 10 MW för att ett vattenkraftverk ska klassas som småskaligt. Idag finns det i Sverige ca. 1 900 sådana små vattenkraftverk som är i drift och den årliga utvinningen från dessa småskaliga vattenkraftverk är ca. 4,3 TWh per år (*Svensk vattenkraftförening, 2010*) men gränserna för vad som klassas som småskalig vattenkraft varierar mellan olika länder och i Sverige klassas ett vattenkraftverk som småskaligt om det ligger under 1,5 MW. Antalet kraftverk i Sverige under 1,5 MW är runt 1 500 stycken och dessa producerar ca. 1,7 TWh/år.

Många vattenkraftverk är idag nedlagda och skulle dessa tas i bruk och en mindre utbyggnad göras så skulle utvinningen från dessa kunna vara uppåt 7 TWh. Det skulle innebära att den småskaliga vattenkraften skulle stå för 10 procent av all vattenkraft i Sverige (*Svensk Vattenkraftförening, 2010*).

### NÅGRA BEGREPP OCH FORMLER

Ord och begrepp som används frekvent i texten är bland annat fallhöjd och flöde. Med fallhöjd menas höjdskillnaden mellan vattenytan ovanför vattenkraftverket och vattenytan efter vattenkraftverket vid utloppet. Flödet är den mängd vatten som rinner i ån per tidsenhet. När man pratar om flödet i en å anges det oftast i m<sup>3</sup>/s. Formeln för flödet i ett rör ser ut enligt följande.

$$Q = A \sqrt{(2 * g * h)}$$

Q = Flöde i m<sup>3</sup>/s

A = tvärsnittets area i m<sup>2</sup>

g = jordacceleration 9,82 m/s<sup>2</sup>

h = nettofallhöjd i m

Effekt är ett mått på energi per tidenhet. Det talar om hur mycket elenergi som utvecklas i kraftverket per tidsenhet och uttrycks i W (*Dahlvig, 2010*). Fallhöjden och flödet påverkar i stor utsträckning hur stor effekt som kan utvinnas ur kraftverket. Andra faktorer som påverkar är anläggningens verkningsgrad och jordaccelerationen. För att ta reda på hur stor effekt som kan utvinnas används följande formel.

$$P = n * g * q * h$$

P = effekt i kW

n = anläggningens verkningsgrad

g = jordacceleration 9,82 m/s<sup>2</sup>

q = vattenföring m<sup>3</sup>/s

h = nettofallhöjd i m

(*Kuhlin, 2010*)

Fallhöjden påverkar även val av turbin eftersom olika typer av turbiner har olika egenskaper. Alltså kan det sägas att en mycket låg fallhöjd begränsar antalet lämpliga turbiner.

Dämningsgräns och sänkningsgräns kan vara av intresse att känna till. Med dämningsgräns menas den gräns till vilken du kan höja vattennivån i vattenmagasinet. Sänkningsgräns är den gräns till vilken du kan sänka vattennivån i vattenmagasinet. (*Norrby, C., pers. medd., 2010*)

## SÅ FUNGERAR VATTENKRAFT

Förutsättningen för att kunna utvinna energi från vatten är egentligen dess naturliga kretslopp. När ytvattnet i hav och sjöar värms upp av solen avdunstar vattenånga. Vattenångan faller ner på marken i form av snö och regn. När vattnet rinner tillbaka till hav och sjöar har vi möjlighet att utnyttja den kraft som vattnets rörelse ger (*Energimyndigheten, 2010*).

I kraftverket är det vattnets lägesenergi mellan två nivåer (den så kallade fallhöjden) som utnyttjas. Genom att dämna vattenytan ovanför kraftverket skapas ett tryck. Det vatten som strömmar från den högre vattenytan ovanför dämningen till den lägre vattenytan efter dämningen passerar en turbin. Vattnets rörelseenergi får turbinaxeln att rotera. Turbinaxeln är kopplad till en generator som omvandlar rörelseenergin till elenergi. Slutligen sitter en transformator som höjer spänningen för en effektivare distribution (*Energimyndigheten, 2010*).

Vattentillgången eller flödet är inte konstant under hela året utan är normalt som störst under snösmältningsperioden och regniga perioder på hösten. Förbrukningen av el varierar också under året. Elenergin som produceras kan inte lagras utan måste förbrukas direkt. För att kunna producera el när den behövs som bäst lagras vattnet i så kallade vattenmagasin. Det innebär att flödet regleras efter hur mycket el som behöver produceras. Det kan dock inte göras hur som helst utan är reglerat av så kallade vattendomar. I vattendomarna finns det fastställda gränser för högsta och lägsta vattennivåer och vattenflöden i varje magasin. (*Vattenfall, 2010*) Småskaliga kraftverk har oftast inte möjlighet att magasinera eller påverka flödena i vattendragen utan får hålla till godo med det vatten som kommer. Dessa småskaliga vattenkraftverk benämns som strömkraftverk (*Söderberg mfl, 2008*).

## MILJÖ

I ett större globalt perspektiv är vattenkraften ett miljövänligt sätt att producera el. Det ger i stort sett inga utsläpp till miljön och bidrar inte till växthuseffekten. Att låta vattnet passera en turbin försämrar inte heller vattnets kvalitet men det förs diskussioner om huruvida vattnets syresättning blir nedsatt (*Söderberg mfl, 2008*). Däremot påverkar byggen av vattenkraftverk med dämningar och bortledning av vatten från ursprungsfåran miljön lokalt.

I slutet av 1900-talet blev det allt större fokus på naturmiljön. Tidigare anlades dammar utan hänsyn till vare sig miljö eller djurliv och fokus låg enbart på fördelarna som vattenkraftutvinningen förde med sig. Till följd av större miljömedvetenhet och miljöhänsyn kom först ett krav på att det ska upprättas en miljökonsekvensbeskrivning (MKB) innan ett ingrepp görs i ett vattendrag. Sedan skärptes kraven på MKB:n betydligt år 1999. De nya kraven innefattar att den som kommer att vidta åtgärder i vattendrag har skyldighet att skaffa sig kunskaper om ingreppens miljöeffekter och att begränsa miljömässiga olägenheter så långt som möjligt (*Söderberg mfl, 2008*). Miljökonsekvensbeskrivningen lämnas in i samband med tillståndsansökan, som behandlas senare i arbetet.

Det har egentligen inte bedrivits vetenskaplig forskning i någon större utsträckning på hur djurlivet påverkas av byggen för vattenkraftutvinning. Men det finns observationer och erfarenheter från de byggen som uppförts (*Söderberg mfl, 2008*).

Ett stort problem vid anläggning av en damm är vandringsfiskens möjligheter att vandra uppströms. Fiskar som lax, öring och ål vill vandra uppströms för att leka och det är viktigt att anlägga en fiskvandringssväg där vandringsfisken får möjlighet att ta sig förbi det hinder som dämningen utgör. Ett exempel är att bygga en vandringstrappa där fisken stegvis tar sig förbi hindret (se figur 1). Ett annat är att anlägga en konstgjord liten bäck runt hindret, ett så kallat omlöp. Vid mycket stora höjdskillnader används ibland fiskhissar när vandringen är som intensivast (*Söderberg mfl, 2008*).



Figur 1. Trappa för vandringsfisk vid Vattenfalls kraftstation vid Harg i Nyköpingsån ur två vinklar.

Andra djur som berörs är bland annat bäver, utter och storlom. Kraftigt höjda vattennivåer kan medföra att bäverboet översvämmas. För uttern kan en dämning faktiskt ha positiva effekter eftersom en dämning kan innebära en ökning av föda i form av mera mörtfiskar. Bävrarna kan dock bli skrämda från platsen under tiden som dammen byggs (*Söderberg mfl, 2008*). Storlommen som häckar i klarvattensjöar över i stort sett hela landet, undantaget är Öland, lägger sina ägg tätt intill vattendrag under perioden maj till juni (*Durango, 1999*). Orsaken till att storlommen bygger bo och lägger sina ägg så nära vattendrag är att den är betydligt bättre anpassad för att röra sig i vatten än att gå på land. Det medför att den vill ha en mycket kort vandring från vattnet när den ska upp och ruva. Det räcker med ett par centimeters ökning av vattenytan för att boet skall riskera att översvämmas. Cirka tjugofem centimeters sänkning av vattennivån kan innebära att storlommen upplever att det är för lång väg mellan vattendrag och bo (*Söderberg mfl, 2008*).

Vid urgrävningar, bottenrensning och andra arbeten på botten av ett vattendrag påverkas sedimentationstransporten. Denna naturliga sedimentationstransport medför att vattnet blir grumligare än normalt vilket medför problem för filtrerare så som musslor, larver och knott att finna föda. Ett högre vattenflöde ökar sedimentationstransporten så det är lämpligt att utföra arbeten så som grävningar i vattnet när vattenföringen är så låg som möjligt. Det finkorniga material som förs upp från botten och transporteras iväg med vattenströmmen sjunker till botten igen när vattenhastigheten sänks. Om materialet sedimenterar på en lekbotten försämras många fiskarters fortplantningsmöjligheter. Ett ingrepp på vattendraget som gör att vattenhastigheten sänks kan också medföra att lekbottnar sedimenteras (*Söderberg mfl, 2008*).

Trots den negativa inverkan som vattenkraften kan ha på flora och fauna finns en stor miljövinst. Som nämnts ovan plockades det år 2004 ut ca. 1,7 TWh ur svenska vattenkraftverk under 1,5 MW. Beräkningar visade på att det innebar att jorden (jämfört med om man eldat med kol och olja istället) besparades.

Koldioxid	1 445 000 ton
Svaveldioxid	4 930 ton
Kväveoxider	4 420 ton
Stoft	170 ton
Slagg och flygaska	93 500 ton

(*Söderberg mfl, 2008*)

Används istället den inom EU satta gränsen för småskalig vattenkraft som är 10 MW producerar den svenska småskaliga vattenkraften 4,3 TWh (*Söderberg mfl, 2008*). Om ovanstående siffror används proportionerligt ger det följande siffror.

Koldioxid	3 655 000 ton
Svaveldioxid	12 470 ton
Kväveoxider	11 180 ton
Stoft	430 ton
Slagg och flygaska	236 500 ton

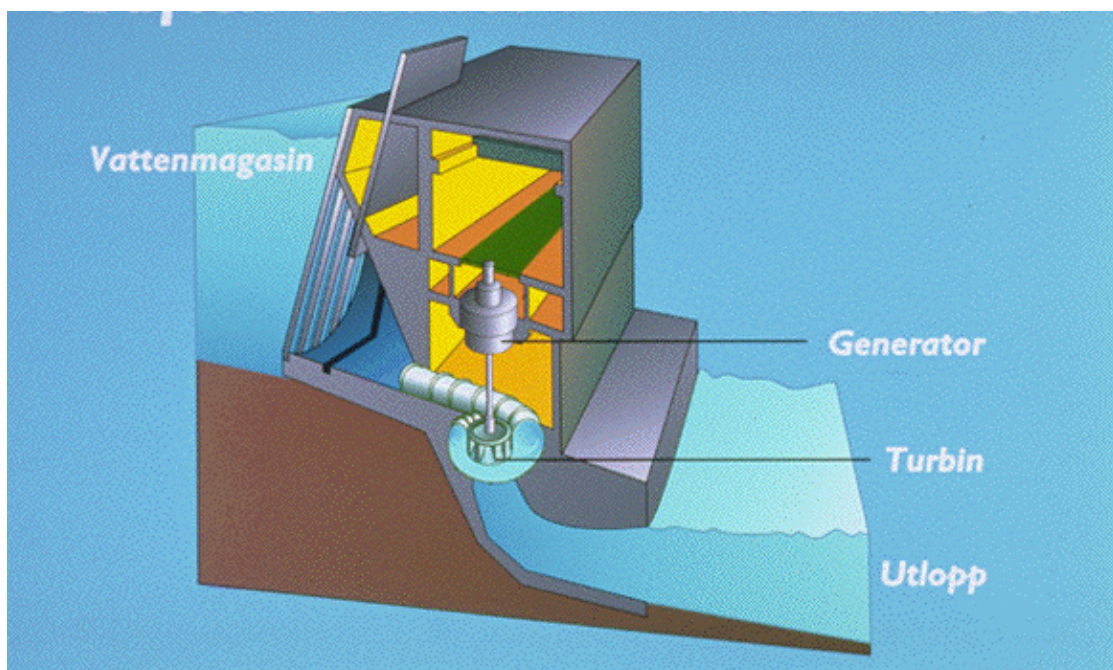
## **TURBINER**

Vid benämningar av turbintyper talar man om två olika typer. Det är reaktionsturbiner och aktionsturbiner. Exempel på reaktionsturbiner är francisturbiner och kaplanturbiner. På dessa typer är löphjulet helt omslutet av vatten. Peltonturbin är ett exempel på en aktionsturbin där vattnets potentiella energi omvandlas till kinetisk energi innan vattnet sprutas in i turbinen. Rekommendationerna för vilken turbin som passar bäst till olika fallhöjder skiljer sig en del beroende på om det handlar om storskalig vattenkraft eller om det handlar om ett mycket litet vattenkraftverk.

### Francisturbin

Francisturbinen är den vanligaste formen av turbin i norska och svenska vattenkraftverk (*Energilink, 2010*). En bidragande orsak till att francisturbinen är så frekvent förekommande även i mindre kraftverk med relativt låga fallhöjder är att francisturbinen var betydligt mer utvecklad under 1920 och 30-talet än exempelvis kaplanturbinen. Det finns många vattenkraftverk idag som har en renoverad francisturbin trots att kaplanturbinen numera anses vara betydligt lämpligare vid fallhöjder som understiger 20 meter (*Lindblad, A., pers. medd., 2010*).

Francisturbinen är en övertrycksturbin. Löphjulet sitter i en turbinkammare och är helt omslutet av vatten. Tryckenergin omvandlas till rörelseenergi i löphjulet på grund av att tvärsnittet i detta är avsmalnande och ger på så vis det genomströmmande vattnet en hastighetsökning. Det är denna reaktionskraft som driver löphjulet. En viss aktionsverkan uppstår även på skovlarna genom att vattnets absoluthastighet är högre vid inloppet än vid utloppet. När vattnet passerat turbinen ska rörelseenergin vara låg och därmed utnyttjad i löphjulet. Tack vare det så kallade sugröret som vattnet passerar när det lämnar turbinen kan hela fallhöjden utnyttjas även om turbinen skulle vara monterad ovanför nedre vattenytan. Francisturbinen används vid fallhöjder mellan 20 och 350 meter och fungerar vid låga såväl som höga vattenflöden (*Dahlvig, 1998*). Det finns dock exempel där man använt sig av francisturbiner vid betydligt högre och betydligt lägre fallhöjder. För det riktigt småskaliga vattenkraftverket finns det exempel där francisturbinen använts vid så låga fallhöjder som runt en meter. Francisturbinen har fasta turbinblad men vridbara ledskovlar. Dessa ledskovlar reglerar flödet till skovlarna på löphjulet för att få ett jämt och bra varvtal. Regleringen av ledskovlarna sker automatiskt (*Vattenfall AB, 2010*).

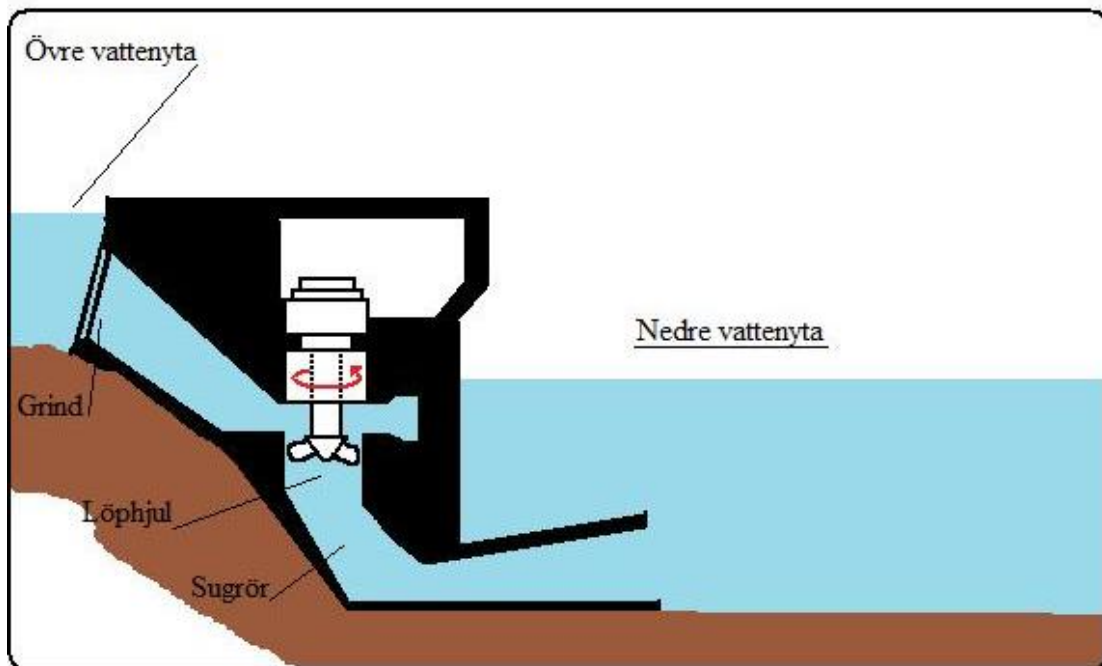


Figur 2. Principen för vattenkraftutvinning med Francisturbin. (*Svensk energi, 2010*).



### ***Kaplanturbin***

Även kaplanturbinen är vanligt förekommande i svenska vattenkraftverk och är precis som francisturbinen en övertrycksturbin. Den är uppbyggd på liknande vis med ledskenor och sugrör. Den stora skillnaden på francisturbiner och kaplanturbiner är att löphjulet är format som en propeller. Propellerbladen är i de flesta fall vridbara, så är även dess ledskenor. Dessa kan regleras under driften för att få så bra verkningsgrad som möjligt. Det gör kaplanturbinerna extra lämpade för vattendrag med stor variation på flödet (*Dahlvig, 1998*). Tack vare att skovelblad och ledskenor är reglerbara ger det en mycket hög verkningsgrad som kan ligga så högt som runt 95 procent. Det finns även kaplanturbiner där endast skovelbladen är reglerbara medan ledskovlarna är fasta. Dessa benämns som semikaplan. Fallhöjden bör inte överstiga 75 meter. Kaplanturbinen fungerar väl även vid mycket låga fallhöjder neråt 0,5 meter men då handlar det om mycket små vattenkraftanläggningar (*Lengqvist, 2010 a*). Vid Claestorps vattenkraftverk utanför Katrineholm används en turbin av typen semikaplan. Där är medelfallhöjden 2,9 meter (*Hazelius, P., pers. medd., 2010*). Rekommenderad fallhöjd är annars 5 – 50 meter (*Dahlvig, 1998*).

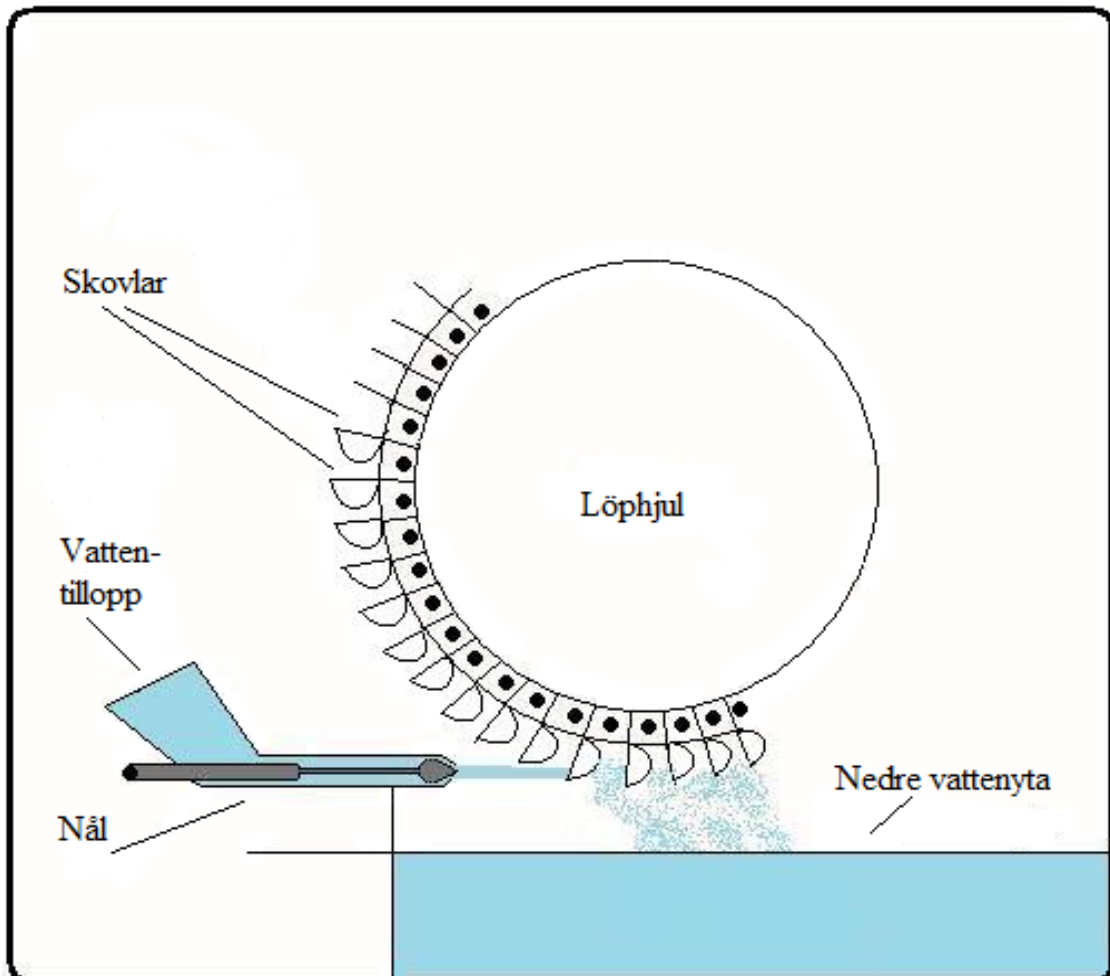


Figur 3. Skiss för principen för vattenkraftutvinning med Kaplanturbin.

### ***Peltonturbin***

Peltonturbinen uppfanns av amerikanen Lester Allen Pelton när han arbetade i olika guldgruvor på 1870-talet. Det var lite av en slump att peltonturbinen kom till. Guldgruvorna använde sig av stora vattenhjul för att driva diverse maskiner. Vattenhjulen hade plana skovlar som efterhand gröptes ur av den kraftiga vattenstrålen som riktades mot dessa. Då ett hjul verkade arbeta betydligt fortare än de andra undersökte Pelton vad som kunde vara orsaken. Han fann att hjulet glidit på axeln och att hjulet snurrade snabbare då vattenstrålen inte träffade mitt i gropan. Pelton gjorde flera tester och 1879 hade han fått fram den första prototypen (*Lengqvist, 2010 b*). Peltonturbinens skovlar är dubbelskålade för att uppnå större effekt av vattenstrålen.

Vattenstrålen är som effektivast när den träffar skoveln vinkelrät. För att göra det möjligt görs ett uttag i framkanten på varje skovel så att kommande skovel inte bryter vattenstrålen för föregående skovel när den är i vinkelrätt läge mot vattenstrålen. Den här typen av turbin används främst vid låga flöden och stora fallhöjder. Rekommenderad fallhöjd för peltonturbin är 200 – 2000 meter. En peltonturbin måste placeras över den undre vattenytan. Det beror på att vattnet ska rinna av skovlarna efterhand som löphjulet snurrar (*Dahlvig, 1998*). Det är inte ovanligt att kraftverk med peltonturbin konstrueras så att två eller flera vattenstrålar träffar skovlar på flera delar av hjulvarvet. Vid munstycket för vattenstrålen sitter en nålventil som reglerar vattenflödet och på så vis kan den uttagna effekten regleras.



Figur 4. Skiss för principen för vattenkraftutvinning med Peltonturbin.

### Vattenhjul

Ett alternativ till traditionella turbiner är vattenhjulet som åter har kommit tillbaka på marknaden. Idag finns vattenhjul med relativt hög verkningsgrad som genererar el till ett lågt pris per kilowattimme. I framför allt Tyskland och USA har ett flertal kraftverk med vattenhjul byggts de senaste två decennierna. Det pratas om tre olika typer av vattenhjul som benämns olika beroende på var på hjulet vattnet träffar skovlarna. Dessa är under-, bröst- och överfallshjul. Som namnen antyder handlar det om att vattnet träffar hjulet högt, lågt eller i medelhöjd. Bröstfallshjul används i stort sett inte alls i dag, utan det är under- och överfallshjul som används för elproduktion. Den stora



fördelen med vattenhjul jämfört med turbiner är att de fungerar utmärkt även vid låga fallhöjder (*Lengqvist, 2010 c*). Underfallshjulets konstruktion tillgodogör sig flödet i stor utsträckning förutsatt att vattnet inte passerar vid sidan om. Det gör att fallhöjden inte blir lika viktig. Det ska dock understrykas att verkningsgraden är betydligt lägre än för en turbin. Jämfört med en kaplanturbin där verkningsgraden kan vara så högt som 95 % vid bra förhållanden, har ett vattenhjul en verkningsgrad som inte överstiger 70 % i teorin och ett rimligt antagande är att verkningsgraden för ett vattenhjul i praktiken ligger någonstans runt 65 % (*Öwatec, 2010*).



Figur 5. a) Vattenhjul. b) Kraftstation med vattenhjul. (Källa: Öwatec)

## INTAGSGALLER

Intagsgaller, eller grinden som den även kan benämnas, är till för att förhindra att grenar, pinnar, löv eller andra föremål hamnar i turbinen, vilket skulle kunna försämra strömningen eller skada turbinen. När det handlar om småskalig vattenkraft är spaltbredden mellan plattjärnen på grinden ofta 20-80 millimeter. Fördelen med en smal spaltbredd är att det minskar risken att fiskar tar sig igenom galleret och blir skadade i turbinen. Intagsgalleret är fäst i dammkroppen och så är även en intagslucka. Med intagsluckan kan vattentillförseln till turbinen brytas vid behov (*Söderberg mfl, 2008*). En del intagsgaller har även en automatisk gallerrensare som transporterar bort de pinnar som fastnat. Om man inte har en automatisk rensare krävs att intagsgalleret rensas dagligen för att bibehålla maximal effekt i turbinen (*Hazelius, P., pers. medd., 2010*).



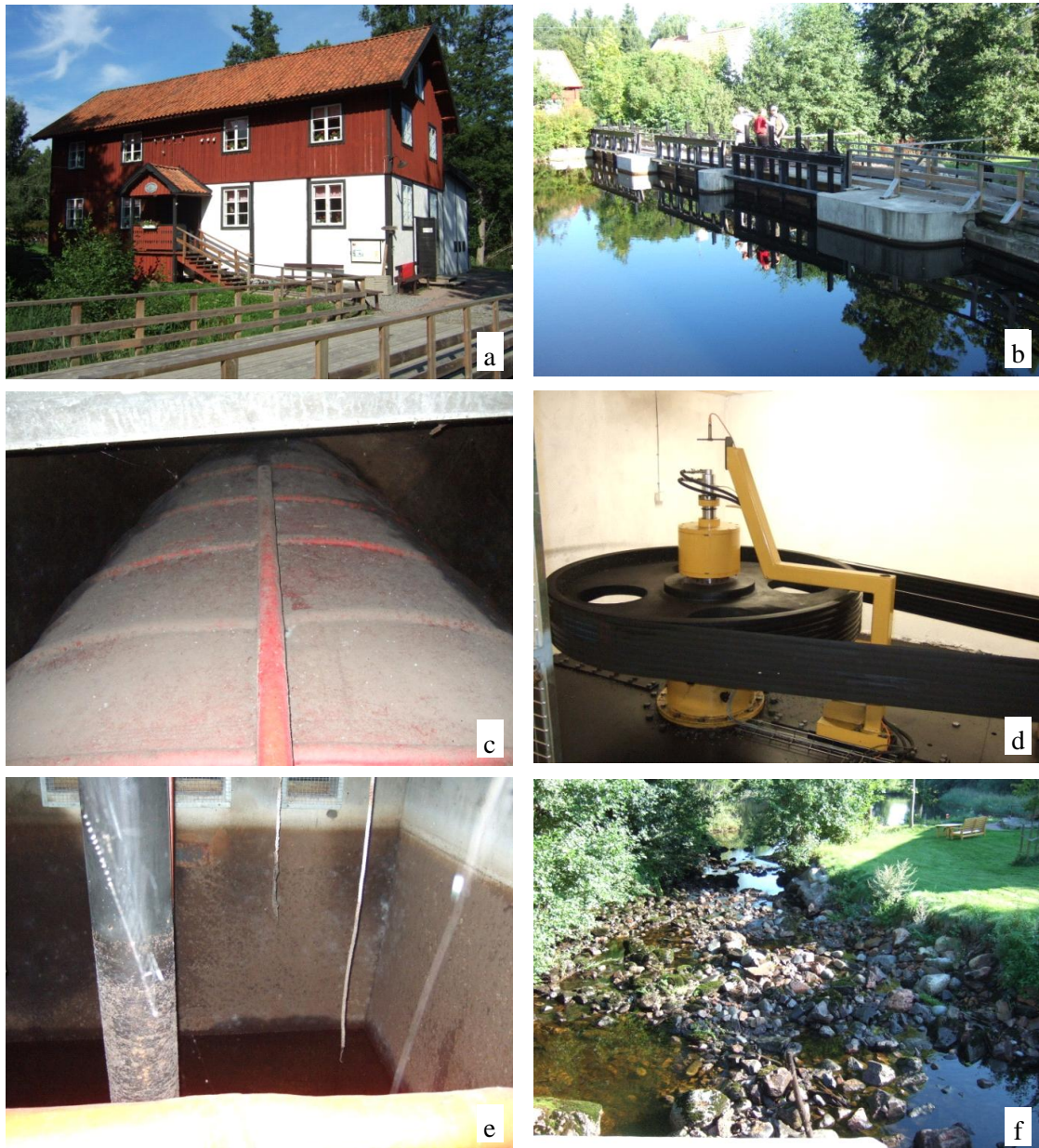
Figur 6. Intagsgaller vid Claestorps vattenkraftverk ur två olika vinklar.

## STUDIEBESÖK PÅ NYBYGGD VATTENKRAFTSTATION

Claestorp ägs av Jan Lewenhaupt och ligger utanför Katrineholm i Södermanland. Det finns flera anledningar till att den anläggningen är intressant. Dels på grund av att den nya anläggningen togs i drift år 2007, vilket innebär att den är relativt nybyggd. Dessutom fick jag tips om att fallhöjden och vattenflödet vid denna anläggning var i närheten av de flöden och fallhöjder som uppmätts vid regleringsdammen vid Christineholm. Vattenkraftanläggningen vid Claestorp ligger i anslutning till sjön Tisnaren. Vattenflödet har ett snitt på  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  men minimiflödet kan vara så lågt som 25 liter/sekund under torra perioder enligt Claestorps Inspektor Patrik Hazelius. Då vattenflödet överstiger  $1 \text{ m}^3/\text{sekund}$  öppnas intaget till turbinen och då vattenflödet överstiger  $6 \text{ m}^3/\text{sekund}$  släpps överflödigt vatten ut genom regleringsluckor till huvudfåran. Från intagsluckan leds vattnet via en diffusor till en turbin av typen semikaplan. Fallhöjden varierar mellan 2,6 meter till 3,2 meter. Ett normalt år ska turbinen kunna användas 9 av 12 månader och i teorin skall det producera ca. 900 000 kWh per år. I praktiken genererar det ca. 600 000 kWh per år, allt enligt Claestorps ägare Jan Lewenhaupt. Anläggningen har totalt kostat 6,5 miljoner men då ingår en renovering av regleringsdammen som bland annat innebar nya dammluckor. Det intressanta vid besöket var att få en närmare titt på en semikaplanturbin som fungerade



väl då fallhöjden understeg 5 meter. Men enligt Jan Lewenhaupt innebar fallhöjden på 2,6 meter till 3,2 meter att det var gränsfall att en semikaplanturbin kunde användas (Lewenhaupt, J., pers. medd., 2010; Hazeliuss, P., pers. medd., 2010).



Figur 7. Bilder från Studiebesök Claestorp, Katrineholm. a) Kraftstationshuset, b) dammluckorna, c) diffusor, d) axeltoppen av semikaplanturbinen samt remskivan som driver generatören, e) turbinaxeln samt översvänningsluckor f) huvudfåran bakom regleringsluckorna.

## ANSÖKAN OM ATT FÅ BYGGA VATTENKRAFTVERK

För att få uppföra ett vattenkraftverk krävs en skriftlig ansökan om tillstånd, som prövas i Miljödomstolen. Enligt lagen skall ansökan innehålla de uppgifter, ritningar och teknisk beskrivning som krävs för att Miljödomstolen ska kunna göra en bedömning om verksamhetens eller åtgärdens art och omfattning. Det föreligger också krav på utbyggnadsvitsord. Vilket innebär att de sökande måste kunna påvisa att de äger mer än 50 procent av det strömfall som skall användas för vattenkraftproduktion (*Söderberg mfl, 2008*).

Lagen om särskilda bestämmelser om vattendrag kan tolkas enligt följande. För att få bedriva vattenverksamhet måste verksamhetsutövaren ha rådighet över vattnet inom det område där vattenverksamheten ska bedrivas (*SFS 1998:812.kap. 1§*). Vidare ska den tekniska lösningen redovisas, inklusive måttsatta ritningar. Ansökan ska även innehålla förslag till skyddsåtgärder för att minimera olägenheter som kan uppstå på grund av verksamheten. Domstolen granskar ansökningen och om den finner ansökan fullständig gör de en kungörelse av ärendet. I samband med kungörelsen sker ett utskick till flera remissinstanser. Länsstyrelsen, Kammarkollegiet, kommun, Fiskeriverket och Naturvårdsverket med flera, får möjlighet att lämna sina synpunkter på varför de anser verksamheten olämplig alternativt lämplig (*Söderberg mfl, 2008*).

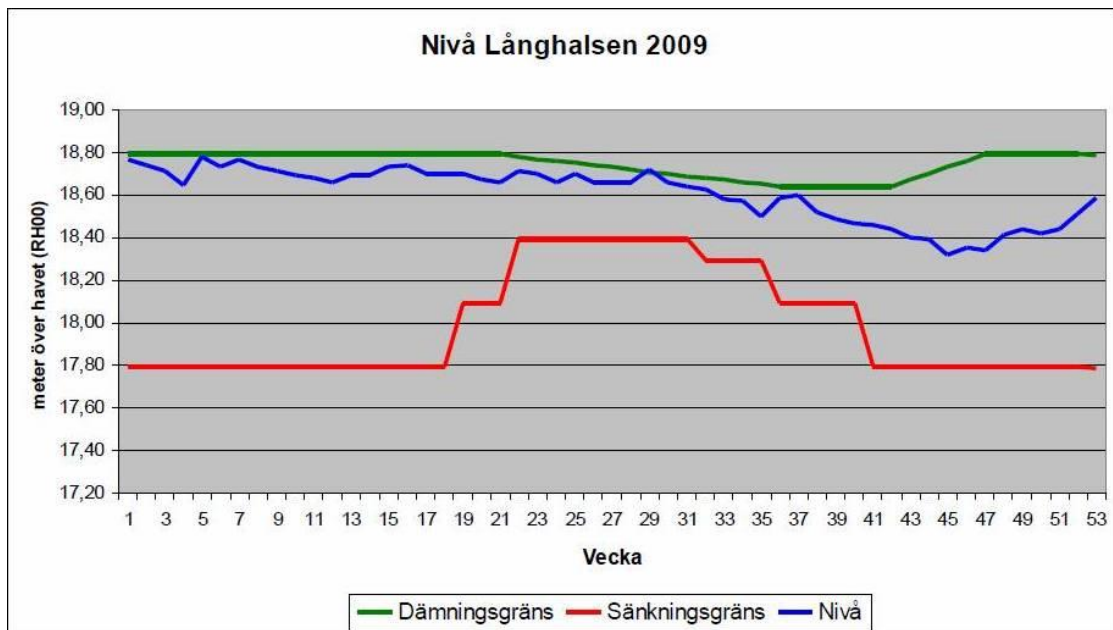
Fiskeriverket kan till exempel anse att verksamheten försämrar tillvaron för vandringsfisken. Den sökande har möjlighet att yttra sig angående de inkomna synpunkterna och därefter hålls huvudförhandlingar. Vid Miljödomstolens helhetsbedömning görs en avvägning om fördelarna kan överväga nackdelarna för den planerade verksamheten. Fördelarna för allmänheten i ett miljömässigt perspektiv och den enskildes möjlighet till ekonomisk vinning ställs mot den negativa verkan det planerade ingreppet kan orsaka på miljön lokalt (*Söderberg mfl, 2008*). Som ekonomisk måttstock på om vattenkraftverket kommer vara en lönsam investering, räknar elindustrin med att en rimlig byggnadskostnad är 4,5 kronor per kWh som verket kan generera (*Lidström, K-M., pers. medd., 2010*). Vid avslag på en ansökan i Miljödomstolen finns möjlighet att överklaga till Miljööverdomstolen (*Söderberg mfl, 2008*).

## MATERIAL OCH METOD

### NYKÖPINGSÅN

Det vatten som rinner genom Nyköpingsån kommer närmast från sjön Långhalsen i Södermanland. Långhalsen är som namnet antyder lång och smal. Den totala ytan är 34 km<sup>2</sup> och sjön är belägen ca: 19 meter över havet. Sjön sträcker sig över tre kommuner vilka är Nyköpings kommun, Katrineholms kommun och Flens kommun. Andra sjöar som Nyköpingsån rinner igenom är Tisaren, Kolsnaren och Yngaren. Den totala längden är 157 km och avrinningsområdet är 3 632 km<sup>2</sup> (Wikipedia, 2010). Sett enbart till Södermanlands län är avrinningsarealen 2 643,9 km<sup>2</sup> för Nyköpingsån, vilket motsvarar 37,5 procent av den totala arealen för avrinningsområden i länet (SMHI, 2010).

Vattennivån i Långhalsen pendlade år 2009 mellan 18,30 meter över havet och 18,80 meter över havet. Det innebär en nivåskillnad på 50 cm. Dämningsgränsen och sänkingsgränsen varierar över året. Dämningsgränsen varierar mellan 18,65 meter över havet och 18,80 meter över havet. Sänkingsgränsen, alltså den lägsta gränsen för vattenståndet, varierar mellan 17,80 meter över havet och 18,40 meter över havet (Nyköpingsåarnas vattenvårdsförbund 2010).

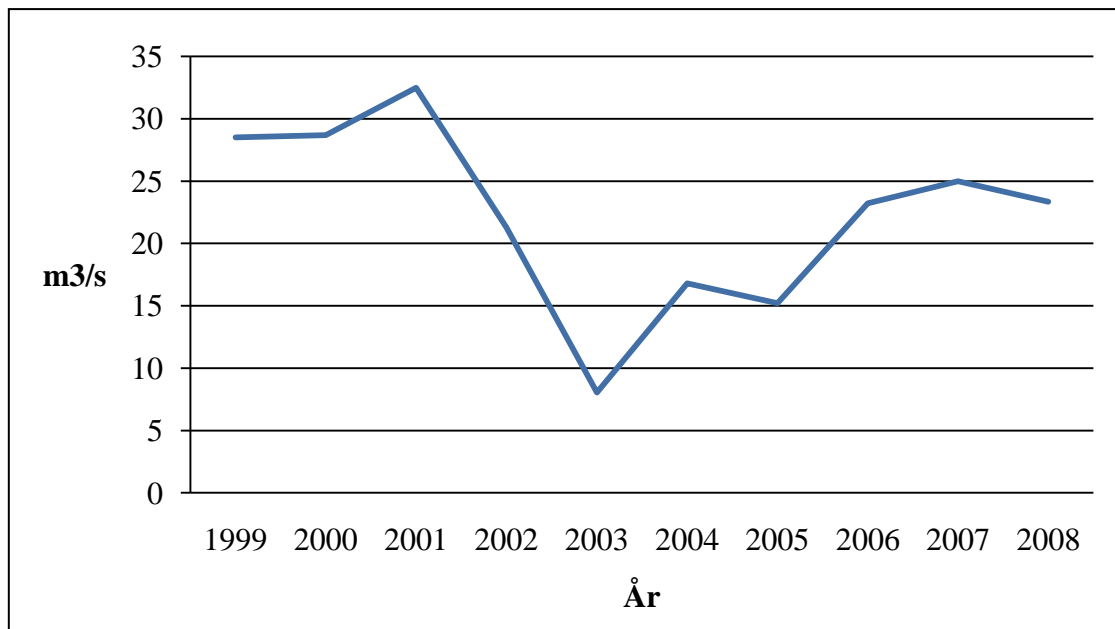


Figur 8. Diagram över vattennivån i Sjön Långhalsen 2009 (Nyköpingsåarnas vattenvårdsförbund, 2010 ).

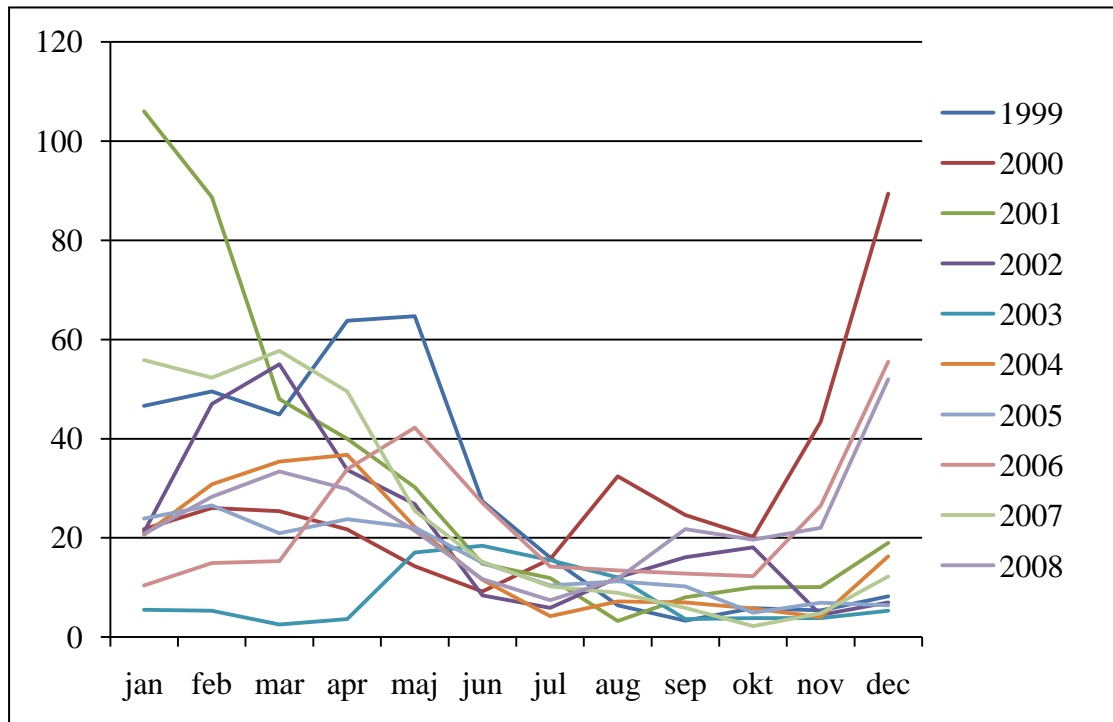
## FLÖDET

Vattenflödet i Nyköpingsån varierar beroende på årstid och nederbörd samt av vilken grad det är behov att få avrinning ifrån avrinningsområdet. I figur 9 och 10 visas mätningar som SMHI gjort vid mätstationen vid regleringsdammen vid Christineholm, som är den aktuella platsen för minikraftverket.

Dagliga mätningar av vattenflödet mellan år 1999 till och med 2008 visar ett genomsnittligt vattenflöde på  $22,6 \text{ m}^3/\text{s}$ . De lägsta uppmätta värdena under perioden gjordes vid månadsskiftet mars/april år 2003 då vattenflödet under några dagar endast var  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Den högsta siffran för vattenflödet under perioden noterades 12 januari 2001 och visade ett flöde på  $112 \text{ m}^3/\text{s}$ . Figur över medelflöde per månad olika år visar att vattenflödet är lågt under sensommaren och hösten och att det i flera fall understiger  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  under månaderna juli till november (*SMHI, 2010*).



Figur 9. Genomsnittligt vattenflöde per år vid Cristineholms regleringsdamm från år 1999 till och med år 2008 (*SMHI, 2010*).



Figur 10. Jämförelse av medelflödet per månad olika år från 1999 till och med år 2008 (SMHI, 2010).

## FALLHÖJD

Mätningar gjorda vid Kristineholms regleringsdamm visar att medelfallhöjden ligger kring 0,75 meter. Detta är en mycket låg fallhöjd då det handlar om vattenkraftsanläggningar (Lidström, K-M., pers. medd., 2010).

## VAR ÄR DET LÄMPLIGT ATT PLACERA KRAFTVERKET

Vid platsen för det tänkta nybygget finns idag en regleringsdamm som reglerar vattennivån bland annat i sjön Långhalsen. Regleringsdammen har två regleringsluckor om vardera 11,5 meter. Mellan dessa två luckor finns en idag outnyttjad glugg på 3 meter som i dagsläget är stängd med träreglar (se figur 11). Det finns inga möjligheter att öka dämningen och flödet vid regleringsdammen utan man får anpassa sig efter det flöde och fall som blir. Det beror på att Vattenfall har rättigheterna för dämning. Däremot har Täckhammar och Christineholm rätten till vattenkraftutvinningen på området. En idé var att utnyttja det idag igentäppta hålet och placera någon form av vattenkraftutvinningsmekanik mellan de båda regleringsluckorna. Alternativet var att anlägga en sidofåra på antingen Christineholms marker eller på Täckhammars marker.





Figur 11. Regleringsdammen vid Christineholm/ Täckhammar i Nyköpingsån ur två vinklar.

Att placera kraftverket i den glugg som finns emellan dammluckorna på den befintliga regleringsdammen har visat sig vara svårt att genomföra. Dels begränsar storleken på gluggen vattenflödet. En närmare undersökning av gluggen visar att dammkonstruktionen gör att vattendjupet vid gluggen endast är ca. 40 cm. Ett ingrepp på den befintliga dammkonstruktionen är dessutom mycket tveksamt då den inte är i Christineholm eller Täckhammars ägo. Abrahamsson (*pers. medd.*, 2010) anser att gluggen med sättstockar måste finnas kvar som katastrofberedskap om vattenmängden stiger till hundraårsflod eller rent av tusenårsflod.

På den sidan som tillhör Täckhammar stiger topografin kraftigt och en eventuell sidofåra skulle behöva dras i yttersväng i förhållande till huvudfåran. Det förefaller mera lämpligt att anlägga en sidofåra på Christineholms sida (figur 12). Det finns en gammal sidofåra på Christineholms sida som förr i tiden användes för att driva en kvarn. Inloppet till den fåran är belägen ca. 50 meter före regleringsdammen och mynnar ut ca. 200 meter nedströms om regleringsdammen. Den totala sträckan på sidofåran är ca. 185 meter. Fåran är idag för grund för att det ska ske en genomströmning av vatten, så ett visst ingrepp blir ändå oundvikligt. Fåran behöver dessutom breddas för att uppnå ett högre flöde. Kan den gamla fåran utnyttjas i så hög grad som möjligt minimeras ingreppet på miljön i förhållande till att bygga en helt ny fåra. Snäva svängar kan dra ner vattenhastigheten något, så det skulle vara fördelaktigt att minska de brantaste vinklarna något då den nya fåran anläggs. En sidofåra kommer även att innebära att allt vatten inte kommer att passera den befintliga regleringsdammen. I och med att Vattenfall har dämpningsrätten skulle det bli nödvändigt att kunna bryta vattengenomströmningen i den nya sidofåran. Lösningen skulle kunna vara en intagslucka som är samkörd med luckorna vid regleringsdammen.





Figur 12. Flygfoto över regleringsdammen vid Christineholm. Den röda pilen markerar inloppet av sidofåran och den gröna pilen markerar utloppet ur sidofåran. (Copyright. Lantmäteriet. Medgivande I2010/0055)



Figur 13. Flygfoto över regleringsdammen vid Christineholm. Den röda slingan visar var den ursprungliga sidofåran går och de gröna slingorna visar var den nya fåran kommer gå efter att de branta svängarna i ursprungsfåran rätats ut något. . (Copyright. Lantmäteriet. Medgivande I2010/0055)

På grund av den låga fallhöjden kommer vattenflödet att vara en viktig faktor ifråga om vilken effekt kraftverket kan generera. Även om en sidofåra anläggs blir inte fallhöjden högre än 0,75 meter. Enligt Lidström (*pers. medd., 2010*) är det rimligt att anlägga en sidofåra på platsen som ger ett vattenflöde på  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Det innebär i teorin att vattenkraftanläggningen i stort sett skulle kunna användas året om.

## TURBIN ELLER VATTENHJUL

När det gäller val av turbin för att driva generatoren är varken Pelton-turbinen, som rekommenderas vid fallhöjder över 200 meter, eller Francisturbinen, som rekommenderas vid fallhöjder över 20 meter, intressanta. De intressanta alternativen är vattenhjul och kaplanturbin, eller möjligen semikaplanturbin.

Lindblad (*pers. medd., 2010*) ansåg att fallhöjden är för låg för att det ska vara lämpligt att använda sig av en semikaplanturbin. För att ta till vara på vattenflödet krävs en relativt stor turbin men fallhöjden tillåter inte en sådan turbin att fungera optimalt. Det krävs en fallhöjd på minst 1,7 meter för en semikaplanturbin i det här läget. Det innebär att fallhöjden är nästan en meter för låg vid Kristineholms regleringsdamm. Även Lidström (*pers. medd., 2010*) förespråkar ett vattenhjul före en kaplanturbin då fallhöjden är så pass låg.

## MILJÖ

Den vandringsfisk som finns i Nyköpingsån är framförallt lax och öring och det har gjorts flera isättningar av fisken i ån. Andra fiskar som det finns gott om är gös, gädda och abborre. Den del av vattendraget som rinner genom platsen för det planerade vattenkraftverket ingår i ett fiskevårdsområde som heter Norra Nyköpingsåns fiskevårdsområde och finns registrerat hos Länsstyrelsen. I området ingår det fiskevatten som tillhör gårdarna Tista, Täckhammar, Christineholm och Bönsta och allmänheten kan köpa fiskekort för vattenområdet. Denna förening skall främja fisket på området och har bland annat medverkat till att en trappa för vandringsfisk byggts vid Christineholms regleringsdamm. Trappan löper genom betongfundamentet och trappans ingångshål ligger strax under vattenytan nedströms. Vid utgångshålet finns en reglerbar lucka som kan stängas vid behov (*Norrby, C., pers. medd., 2010*). Alltså finns redan en möjlighet för vandringsfisk att passera en fördämning vid området för det tänkta bygget. De djur som kan ta skada av att vattenståndet höjs och sänks skulle inte behöva påverkas nämnvärt mer än vad de redan gör idag, då en nybyggnation inte skulle innebära att vattenmagasinen regleras i större utsträckning än vad som görs idag.



Figur 14. Trappan för vandringsfisk vid Christineholms regleringsdamm. a) Inloppet, b) och c) utloppet från trappan.



## RESULTAT

För att över huvudtaget kunna göra en ansökan om vattenverksamhet vid den tilltänkta platsen krävs att Täckhammars gård och Christineholms gård gör en gemensam ansökan i och med att de båda gårdarna var för sig bara har rådighet över femtio procent av vattnet. Görs en gemensam ansökan innehar sökande istället rådighet över etthundra procent av vattnet.

## HUR BÖR DEN TEKNISKA LÖSNINGEN SE UT

Det bästa alternativet är att gräva ur och använda den gamla sidofåran på Christineholms sida. En förutsättning för att få ett vattenflöde på  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  i sidofåran är att den är tillräckligt bred. Om vi förutsätter att vattendjupet är 2 meter och att vattnet strömmar med en hastighet av 1 m/sekund skulle det krävas att sidofåran är lite över 2 meter bred. I delar av den befintliga fåran räcker det i stort sett med att rensa botten med en grävmaskin eftersom den redan i dagsläget är 2,5 till 3 meter bred. Andra delar av fåran kräver ett mer omfattande jobb. Den sträckan som behöver breddas börjar ca. 75 meter nedströms om inloppet och sträcker sig ca. 60 meter. Den delen av sidofåran är i dagsläget ca. 0,5 till 1 meter bred och vattendjupet är 0 till 0,5 meter djup. Det kommer bli nödvändigt med bergssprängning för att bredda och fördjupa den delen av fåran.



Figur 15. a) Inloppet till sidofåran, b) sidofåran strax efter inloppet.



Figur 16. a) Den del av gamla sidofåran som behöver breddas, b) sidofåran vid den gamla kvarnen.

## PLACERING AV VERKET

Ca. 100 meter nedströms i sidofåran passerar vattnet ett parti med berg under och på båda sidor om huvudfåran. (se figur 16 a, och 17.) En sprängning kommer där att bli nödvändig för att få en tillräckligt bred och djup fåra. Detta är den lämpligaste platsen att placera kraftverket vid då det ger bra möjligheter att gjuta ett stabilt betongfundament för att sedan bygga vidare på. Dessa teorier styrks av Lidström (*pers. medd., 2010*).

## VAL AV MEKANIK

Det har visat sig att det bästa alternativet är att använda sig av ett vattenhjul för att driva generatoren. Det finns visserligen andra alternativ än vattenhjul men vid låga fallhöjder är idag vattenhjul det vanligaste och lämpligaste alternativet.



Figur 17. Den röda pricken visar var det är lämpligt att placera vattenhjulet. .  
(Copyright. Lantmäteriet. Medgivande I2010/0055)

## LÖNSAMHET

När den tekniska lösningen är fastställd är det möjligt att göra några enkla kalkyler för att ta reda på om den tekniska lösningen är lönsam under de förutsättningar som råder på platsen. Men för att kunna göra en ekonomisk kalkyl behöver jag göra flera antaganden. Efter samråd med Lidström (*pers. medd., 2010*) gör jag följande antaganden i den ekonomiska kalkyleringen.

Byggnadskostnad för en anläggning på platsen: 4 miljoner kronor

Avskrivningsperiod: 40 år

Ränta: 6 procent

Försäljning av el: 0,8 kronor/ kWh

Elpriset stiger med: 3 procent per år

Kalkylerar jag med att verket kan drivas 90 % av året och att vattenföringen ligger stabilt på 4 m<sup>3</sup>/sekund innebär det att verket går 7 884 timmar per år. Kalkylen visar att ett vattenhjul under dessa förutsättningar kan producera ca. 151 MWh/ år. Se även bilaga 1.

Ett rimligt försäljningspris netto skulle kunna ligga runt 0,80 kr/kWh vilket skulle innebära en årsinkomst på ca. 121 000 kronor år 1. Kalkylen visar att anläggningen går

plus först år 22. Det totala resultatet visar en vinst på endast 404 529 kronor på fyrtio år vilket är ett mycket svagt resultat på en investering av 4 000 000 kronor.

I kalkylen i bilaga 1 tas ingen hänsyn till att pengarnas värde förändras med tiden. Det gör att resultatet blir något missvisande. För att få fram ett rättvisande resultat får man beräkna resultatet med en nuvärdeskalkyl där alla årsresultat flyttas till år 0. Realräntan i kalkylen är satt till 5 procent. Det ger ett resultat på -1 192 430 kronor på investeringen. Vilket visar att det är en olönsam investering.

Om anläggningen kostar 4 miljoner att bygga, som Lidström (*pers. medd.*, 2010) anser vara rimligt, skulle byggnadskostnaden bli 26,5 kr/kWh. Alltså en kostnad på 22 kronor utöver de 4,5 kronor som elindustrin anser kan investeras per kWh som verket kan generera per år.

## DISKUSSION

Mina studier visar att det inte är möjligt att utnyttja utrymmet mellan de två dammluckorna vid den befintliga regleringsdammen. Den bästa lösningen är att anlägga en sidofåra. Den låga fallhöjden gör att ett vattenhjul är det lämpligaste alternativet. Kalkylerna visar att det inte finns någon större ekonomisk vinning att anlägga ett vattenkraftverk då fallhöjden är 0,75 meter och flödet är 4 m<sup>3</sup>/s. Även om man använder sidofåran är det stor risk att miljödomstolen inte skulle lämna sitt medgivande till en vattenkraftsanläggning på platsen då den ekonomiska vinningen skulle vara otillräcklig i förhållande till åverkan på miljön.

## REFLEKTION ÖVER ARBETET

I mitt arbete bygger flera kalkyler på antaganden. Det gör att de inte är hundra procent rättvisande. Men de antaganden som jag använt mig av är angivna av konsulter och personer som är verksamma i branschen, vilket jag tycker gör dem tillräckligt intressanta och trovärdiga för att bygga en enklare ekonomisk kalkyl på. De värden och resultat som jag fått fram är så pass tydliga att jag tycker mig kunna säga att det inte är lönsamt att anlägga en vattenkraftanläggning vid Christineholms regleringsdamm. Det går givetvis att spekulera om ett högre vattenflöde i sidofåran. För att få reda på exakt hur stort vattenflöde som kan uppnås behöver man enligt Karl-Martin Lidström göra ett par sektioner i sidofåran i praktiken. Det är även möjligt att den antagna byggnadskostnaden på 4 miljoner kronor för en anläggning kan reduceras. Jag har av den anledningen valt att resonera lite kring detta.

En anläggning som kostar 4 miljoner kronor i byggnadskostnad kräver en fallhöjd och ett vattenflöde som är så pass högt att verket kan generera 888 889 kWh/år. Ett annat teoretiskt alternativ är att anta att öka vattenflödet i sidofåran. Men för att få ut den effekt som krävs för att få en byggnadskostnad på 4,5 kronor/kWh krävs att vattenföringen i sidofåran är över 23 m<sup>3</sup>/sekund om vi antar att verket kan gå lika frekvent som i ursprungskalkylen. Det kan inte anses rimligt att leda ett så högt vattenflöde till en sidofåra då medelvattenflödet är 22,6 m<sup>3</sup>/s sett över tio år och då statistiken visar att vattenflödet under månaderna juni till december i de flesta fall under åren 1999 till 2008 ligger på en nivå långt under 20 m<sup>3</sup>/s.

Elindustrin säger att det är rimligt att investera 4,50 kronor per kWh för att få en bra avkastning på investerade pengar (*Lidström, K-M., pers. medd., 2010*). Det innebär att under de förutsättningar som råder vid regleringsdammen vid Christineholm skulle ett bygge av en anläggning endast få kosta 679 368 kronor. Jag anser det orimligt att anlägga en vattenkraftanläggning på platsen till en så låg kostnad.

Det har varit intressant att få en inblick i vattenkraftens utbredning i Sverige och att det trots allt finns en del negativa miljöaspekter som den som bygger en vattenkraftsanläggning bör ha i åtanke. Det har varit mycket intressant att tala med personer som genomgått den tillståndsprocess som krävs för att få uppföra ett vattenkraftverk. Att bygga ett vattenkraftverk innebär ofta en mycket lång process. Det



är frågor som bollas fram och tillbaka mellan myndigheter och den person som vill anlägga kraftverket på sin mark. Det är även många utomstående som har åsikter om huruvida kraftverk ska byggas och hur de tekniska lösningarna ska se ut. Jag har förstått att processen med att få tillstånd är mycket svår och tidskrävande. Av de jag har pratat med som har byggt vattenkraftverk har samtliga anlitat konsulter till både projektering och själva processen med myndigheter och föreningar. Jan Lewenhaupt berättade att själva bygget av vattenkraftverket på Claestorp tog ett år, processen med att projektera och processen om tillstånd tog tre år. Jan Lewenhaupt nämnde även att det krävs mycket tålamod och att det är viktigt att vara inställd på att det tar tid under processens gång och att det är viktigt med en bra dialog med människor och föreningar som berörs av uppförandet av ett vattenkraftverk. Jag har även från andra källor fått berättat för mig att det finns fall då processen har tagit upp emot åtta år. Detta är något som jag kan ta med mig i framtiden eftersom jag inte helt gett upp tanken på att själv kunna producera gårdsbehovet av el, om tekniken för småskalig vattenkraftutvinning vid låga fallhöjder gör framsteg.

## REFERENSER

### SKRIFTLIGA

Dahlvig, G. (1998). *Energi*. Stockholm: Liber, Faktabok.

Durango, S. (1999). *Fåglar i färg*. Stockholm: Bokförlaget Prisma.

Energilink. (2010). Tekniskt ugeblad AS. [online]. tillgänglig:  
<http://energilink.tu.no/leksikon/francisturbin.aspx>. [2010-05-10].

Energimyndigheten. (2010). Vattenkraft. [online]. tillgänglig:  
<http://energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Fornybar-energi/Vatten/Vattenkraft/>. [2010-08-16]

Kanenergi Sweden AB. (2010). Grön el i Västra Götaland. [online]. tillgänglig:  
[www.kanenergi.se/res/publikationer/gronelivgslutversion.pdf](http://www.kanenergi.se/res/publikationer/gronelivgslutversion.pdf). [2010-08-16]

Kuhlin, L. (2010). Khulins. Effekt. [online]. tillgänglig:  
[www.kuhlins.com/teori/effekt.php](http://www.kuhlins.com/teori/effekt.php). [2010-08-16]

Lengqvist, G. (2010a). Kaplanturbinen. [online]. tillgänglig:  
<http://24volt.eu/kaplan.php>. [2010-05-16]

Lengqvist, G. (2010b). Peltonturbinen. [online]. tillgänglig: <http://24volt.eu/pelton.php>. [2010-05-16]

Lengqvist, G. (2010c). Vattenhjul. [online]. tillgänglig:  
<http://24volt.eu/vattenhjulstyper.php>. [2010-05-12]

Nyköpingsåarnas vattenförbund. (2010). Vattennivån i Långhalsen och flöde vid Långhalsens Utlopp 2010, 2009, 2008. [online]. tillgänglig:  
[www.vattenorganisationer.se/nvvf/downloads/25/Langhalsen.pdf](http://www.vattenorganisationer.se/nvvf/downloads/25/Langhalsen.pdf). [2010-08-16]

Sero. (2010). Svenska vattenkraftsföreningen. [online]. tillgänglig:  
[www.sero.se/vattenkraft.html](http://www.sero.se/vattenkraft.html). [2010-08-16]

SFS. (1998:812). Lag (1998:812) med särskilda bestämmelser om vattenverksamhet 2.kap. 1§.

SMHI. (2010). Södermanland. [online]. tillgänglig:  
[www.smhi.se/sgn0102/n0205/lan\\_haro\\_sodermanland.pdf](http://www.smhi.se/sgn0102/n0205/lan_haro_sodermanland.pdf). [2010-04-17]

Svensk vattenkraftsförening. (2010). Hemsida. [online]. tillgänglig:  
[www.svenskvattenkraft.se](http://www.svenskvattenkraft.se). [2010-08-16]

Söderberg, C. Johansson, W. Ahrel, R. (2008). *Småskalig vattenkraft*. Köping: Bengt Perssons bokbinderi.

Utslag Miljööverdomstolen mål nr M 9586-06 datum 2007-11-01.

Vattenfall AB. (2010). Hemsida. [online]. tillgänglig: [www.vattenfall.se](http://www.vattenfall.se). [2010-05-17]

Wikipedia. (2010). Nyköpingsån. [online]. tillgänglig: <http://sv.wikipedia.org/wiki/nykpingsån>. [2010-17-04]

Öwatec. (2010). Hemsida. [online]. tillgänglig: <http://www.oewatec.de>. [2010-08-13]

## **MUNTliga**

Abrahamsson, Christer, Turbin och Regulatorsevice AB, Nässjö, 19 maj 2010

Hazeliuss, Patrik, Inspektor, Claestorp, Katrineholm, 11 augusti 2010

Lewenhaupt, Jan, Claestorp, Katrineholm, 11 augusti 2010

Lidström, Karl-Martin, Damm och Byggt teknik i Motala AB. Nyköping, 6 maj 2010

Lindblad, Anton, Cargo och Kraft Turbin AB, Västerås, 13 augusti 2010

Norrby, Claes, Täckhammars gård, Nyköping, 15 april 2010

# BILAGOR

## BERÄKNING AV RESULTAT

År	Investering	Avskrivning	Ränta	Inkomst	Resultat
0	4000000				
1	4000000	100000	240000	120776,6	-219223,4
2	3900000	100000	234000	124399,9	-209600,1
3	3800000	100000	228000	128131,9	-199868,1
4	3700000	100000	222000	131975,9	-190024,1
5	3600000	100000	216000	135935,2	-180064,8
6	3500000	100000	210000	140013,2	-169986,8
7	3400000	100000	204000	144213,6	-159786,4
8	3300000	100000	198000	148540	-149460
9	3200000	100000	192000	152996,2	-139003,8
10	3100000	100000	186000	157586	-128414
11	3000000	100000	180000	162313,7	-117686,3
12	2900000	100000	174000	167183	-106817
13	2800000	100000	168000	172198,6	-95801,4
14	2700000	100000	162000	177364,5	-84635,5
15	2600000	100000	156000	182685,5	-73314,5
16	2500000	100000	150000	188166	-61834
17	2400000	100000	144000	193811	-50189
18	2300000	100000	138000	199625,3	-38374,7
19	2200000	100000	132000	205614	-26386
20	2100000	100000	126000	211782,5	-14217,5
21	2000000	100000	120000	218136	-1864
22	1900000	100000	114000	224680	10680
23	1800000	100000	108000	238160,8	30160,8
24	1700000	100000	102000	245305,6	43305,6
25	1600000	100000	96000	252664,8	56664,8
26	1500000	100000	90000	260244,7	70244,7
27	1400000	100000	84000	268052	84052
28	1300000	100000	78000	276093,6	98093,6
29	1200000	100000	72000	284376,5	112376,5
30	1100000	100000	66000	292907,7	126907,7
31	1000000	100000	60000	301695	141695
32	900000	100000	54000	310745,9	156745,9
33	800000	100000	48000	320068,2	172068,2
34	700000	100000	42000	329670,3	187670,3
35	600000	100000	36000	339560,4	203560,4
36	500000	100000	30000	349747,2	219747,2
37	400000	100000	24000	360239,6	236239,6
38	300000	100000	18000	371046,8	253046,8
39	200000	100000	12000	382178,2	270178,2
40	100000	100000	6000	393643,6	287643,6
				Sa resultat	404529,5

**BERÄKNING AV RESULTATETS NUVÄRDE**

År	Resultat	Nuvärde
1	-219223,4	-208784,2
2	-209600,1	-190113,7
3	-199868,1	-172653,6
4	-190024,1	-156333,3
5	-180064,8	-141085,5
6	-169986,8	-126846,8
7	-159786,4	-113557,2
8	-149460	-101160,4
9	-139003,8	-89603,1
10	-128414	-78835,1
11	-117686,3	-68808,7
12	-106817	-59479,7
13	-95801,4	-50805,5
14	-84635,5	-42746,7
15	-73314,5	-35265,5
16	-61834	-28326,9
17	-50189	-21897,3
18	-38374,7	-15945,5
19	-26386	-10441,8
20	-14217,5	-5358,4
21	-1864	-669,1
22	10680	3651
23	30160,8	9819,5
24	43305,6	13427,6
25	56664,8	16733,3
26	70244,7	19755,7
27	84052	22513,2
28	98093,6	25023
29	112376,5	27301,5
30	126907,7	29363,6
31	141695	31223,8
32	156745,9	32895,7
33	172068,2	34391,7
34	187670,3	35723,9
35	203560,4	36903,5
36	219747,2	37941
37	236239,6	38846,2
38	253046,8	29628,5
39	270178,2	40296,5
40	287643,6	40858,5
	Sa nuvärde	-1192420,3